

Žemės dirbimo optimizavimas cukriniams runkeliams

Kęstutis Romaneckas

*Aleksandro Stulginskio universitetas,
Studentų g. 11, Akademija,
LT-53361 Kauno r.*

El. paštas: kestas.romaneckas@asu.lt

Tikslieji lauko bandymai atlikti 1995–2006 m. Aleksandro Stulginskio universiteto (tuo metu – Lietuvos žemės ūkio universiteto) Bandymų stoties karbonatingojo giliau glėjiško lengvo priemolio išplautžemyje (*Calcari-Endohypogleyic Luvisol*), gamybiniai lauko bandymai – Pakruojo rajono ūkiuose – giliau karbonatingame sekliai glėjiškame vidutinio ir sunkaus priemolio rudžemyje (*Endocalcaric-Epihypogleyic Cambisol*). Tyrimų tikslas – mokliškai pagrįsti žemės dirbimo intensyvumo ir sėjos parametrų optimizavimo būdus cukriniams runkeliams, išsaugant dirvos sukultūrinimo lygį ir augalų produktyvumą.

Atlikti tyrimai tik iš dalies patvirtino jų hipotezes. Pirmoji tyrimų hipotezė skelbia, kad rudeninio žemės dirbimo intensyvumo sumažinimas nuo giliojo arimo iki sekliojo purenimo padidina dirvos tankį ir drėgnį, tačiau neturi esminės įtakos cukrinių runkelių produktyvumo rodiklių kitimui. Sėjant į ražieną cukrinių runkelių pasėliuose išplinta piktžolės, esmingai sumažėja cukrinių runkelių produktyvumas. Tyrimų rezultatai parodė, kad sumažinus rudeninio žemės dirbimo intensyvumą, dirvos tankis esmingai nedidėjo. Didesnis dirvos tankis buvo nustatytas tik visai neįdirbtų ražienų. Pritaikius neverstuvinius žemės dirbimo būdus, 0–10 cm gylio armens sluoksnio drėgnis buvo esmingai didesnis nei artų dirvų. Rudeninio žemės dirbimo supaprastinimas neturėjo esminės įtakos cukrinių runkelių produktyvumui. Nulinio žemės dirbimo sąlygomis nukentėjo sėjos kokybė, buvo suformuotas retesnis pasėlis, todėl išplito trumpaamžės piktžolės. Tai neturėjo esminės neigiamos įtakos cukrinių runkelių produktyvumui.

Antroji hipotezė skelbia, kad priešsėjimo žemės dirbimo intensyvumo sumažinimas nuo artų rudenį dirvų kultivavimo iki ražienų įdirbimo pavasarį padargais su aktyviomis darbinėmis dalimis neturi esminės įtakos dirvos fizikinėms savybėms, šakniavaisių derlingumui ir kokybei. Tyrimų duomenimis, dėl priešsėjimo žemės dirbimo supaprastinimo gerėjo cukrinių runkelių sėklų sudygimas ir didėjo pasėlio tankumas, nes buvo palankesnės drėgmės sąlygos. Žemės dirbimo intensyvumo sumažėjimas neturėjo esminės įtakos cukrinių runkelių produktyvumui.

Trečioji hipotezė skelbia, kad sėklų guoliaviečių sutankinimas turi teigiamos įtakos jų drėgmės režimui, sėkloms sudygti, augalų vystymuisi ir cukrinių runkelių šakniavaisių produktyvumui. Giliau suformuotų sėklų guoliaviečių sutankinimas turi teigiamą efektą sėklų lauko daigumui. Tyrimų rezultatai įrodė, kad cukrinių runkelių sėklų guoliavietės sutankinimas dažniausiai neturėjo esminės įtakos dirvos drėgnio, tankio ir struktūros patvarumo sąlygoms, tačiau pagerino sėklų sudygimą ir paspartino daigų vystymąsi. Sėklų guoliavietės sutankinimo poveikis cukrinių runkelių pasėlio produktyvumui priklausė nuo jo būdo ir laiko. Teigiamos esminės įtakos produktyvumui turėjo tik cukrinių runkelių sėklų guoliavietės sutankinimas pentininiu volu po sėjos. Didesnį poveikį cukrinių runkelių sėkloms sudygti turėjo ne sutankinimo būdas ir laikas, bet sėjos gylis. Cukrinių runkelių sėklų guoliaviečių, suformuotų iki 4 cm gyliu, sutankinimas teigiamai veikė sėklų daigumą, o giliau (iki 5 cm) – neigiamai.

Raktažodžiai: cukriniai runkeliai, žemės dirbimas, dirvos fizikinės savybės, guoliavietės formavimas, produktyvumas, kokybė, piktžolėtumas

ĮVADAS

Pasaulyje cukriniai runkeliai, kaip techniniai augalai, pradėti tyrinėti 1747 m., kai jų šakniavaisiuose buvo nustatyta 1,6 % sacharozės, sudėtimi identiškos sacharozei, gaunami iš cukranendrių. Susidomėjimas cukriniais runkeliais

didėjo, buvo siekiama padidinti jų produktyvumo potencialą. Selekcijos dėka jau XX a. pradžioje šakniavaisių cukringumas buvo 17–18 %, tačiau derlingumas nesiekė 30 t ha⁻¹.

Pirmieji Lietuvoje cukrinių runkelių auginimo eksperimentai atlikti Baisogalos tyrimų stotyje 1910–1912 m.

Nustatyta, kad palankiais cukrinių runkelių augimui metais įmanoma gauti $21,3 \text{ t ha}^{-1}$ 17,5 % cukringumo šakniavaisių derlių. 1930–1939 m. Žemės ūkio tyrimo įstaigos Dotnuvos, Rumokų ir Joniškėlio bandymų stotyse pradėti išsamūs cukrinių runkelių agrotechnikos tyrimai: rudeninio arimo gilumas, trąšų formos ir tręšimo būdai, sėjos laikas ir būdai, retinimo atstumai, derliaus nuėmimo laikas. Pokario metais cukrinių runkelių auginimo tyrimai buvo sutelkti Lietuvos žemdirbystės instituto Rumokų bandymų stotyje, kur jie atliekami ir dabar (Vizgirda, 1998).

Mūsų laikais pasaulyje cukriniai runkeliai tapo vienu rentabiliausių kultūrinių augalų. Pagal bendrosios produkcijos apimtį jie užima 17 vietą. Vien Europos Sąjungoje iš cukrinių runkelių pagaminama per 15 mln. t baltojo cukraus. Lietuvoje nuo 1994 m. pradėtos auginti naujos didelio derlingumo cukrinių runkelių veislės, tačiau jų biopotencialas iki 2002 m. buvo menkai panaudotas – vidutinis šakniavaisių derlingumas tesiekė $30\text{--}32 \text{ t ha}^{-1}$. Pradėjus optimizuoti žemės dirbimo, augalų mitybos, pasėlių priežiūros, derliaus nuėmimo ir sandėliavimo sistemas, cukrinių runkelių produktyvumas nuosekliai didėjo, nepaisant metų vegetacijos sąlygų. 2007 m. šakniavaisių derlingumas pasiekė 50 t ha^{-1} , arba $6,5\text{--}7,0 \text{ t ha}^{-1}$ baltojo cukraus, ir prilygo Vakarų Europoje auginamų cukrinių runkelių derlingumui. Vienas pagrindinių cukrinių runkelių derlingumo potencialą apribojančių veiksnių Lietuvoje yra vegetacijos periodas, trunkantis tik 150–160 dienų. Tačiau net ir per trumpą vegetacijos laikotarpį lauko bandymų metu buvo pasiektas per 100 t ha^{-1} šakniavaisių derlingumas, prilygstantis $12\text{--}15 \text{ t ha}^{-1}$ baltojo cukraus. Taigi, gamybinėmis sąlygomis išauginamų cukrinių runkelių derlingumas vis dar labai atsilieka nuo potencialaus. Tik taikant labai tiksliai subalansuotas cukrinių runkelių auginimo technologijas, ypač daug dėmesio skiriant žemės dirbimui optimizuoti, galima siekti maksimalaus efekto, kartu didinant ūkio rentabilumą, konkurencingumą ir pajamų stabilumą.

Žemės dirbimas yra viena imliausių kuro ir laiko sąnaudų agrotechnikos priemonių. Apskaičiuota, kad žemės dirbimui tenka apie 70 % visų cukrinių runkelių auginimo technologijai skirtų degalų. Sukūrus žemės dirbimo sistemas, orientuotas į efektyvų išteklių naudojimą, degalų poreikį būtų galima sumažinti kelis kartus. Vienas pagrindinių tokių sistemų akcentų yra žemės dirbimo intensyvumo sumažinimas (minimalizavimas) išsaugant (kontroliuojant) ar net pagerinant natūralųjį dirvos derlingumą ir sukultūrinimo lygį (Moraru, Rusu, 2010; Tebrüge, Düring, 1999; Cannel, Hawes, 1994). Šia linkme nemažai tyrimų atlikta tiek užsienyje, tiek Lietuvoje, tačiau dažnai gaunami prieštaringi rezultatai, nes skiriasi klimato ir dirvožemio sąlygos, žemės dirbimo padargų ir sėjamųjų mašinų komplektacija. Vienais duomenimis, žemės dirbimo intensyvumo sumažinimas dažniausiai turi neigiamos įtakos augalų derlingumui ir kokybei, ypač nulinio žemės dirbimo atvejais – kai derlingumas ženkliai mažėja. Tam nemažai įtakos

turi ir pasėlio piktžolėtumo padidėjimas. Kitais atvejais dėl dirvos fizikinių savybių (tankio, kietumo, struktūringumo, drėgnio) gerėjimo augalų derlingumas ne tik nemažėja, bet ir palaipsniui didėja ar neturi didesnės įtakos, ypač po 4–5 minimalizuotos žemės dirbimo sistemos taikymo metų (Håkansson, 1993; Ekeberg, 1993; Håkansson et al., 1998; Hao et al., 2001). Taigi šios srities rezultatai Lietuvoje priskirtini prie nevisiškai išspręstų problemų, todėl reikia papildomų tyrimų. Neaiškūs ir dėsningumai, siejantys cukrinių runkelių biopotencialą su dirvos savybių kitimu.

Kita svarbi žemės dirbimo sistemų optimizavimo sritis yra sėklų guoliavietės formavimo dėsningumų nustatymas skirtingo intensyvumo dirvos dirbimo sąlygomis. Vakarų Europoje sėklų guoliavietės tyrimo metodai ir jos formavimo dėsningumai (modeliai) tiek laboratorinėmis, tiek lauko sąlygomis suformuluoti jau palyginus seniai, tačiau iki galo nėra apibrėžtas kompleksinis kintančių dirvos sąlygų poveikis sėklos guoliavietės ypatumams ir jų įtaka sėklų lauko daigumui, augalų produktyvumo rodiklių formavimuisi. Lietuvoje sėklų guoliavietės tyrimai sutelkti Lietuvos žemdirbystės institute, Dotnuvoje, ir Joniškėlio Bandymų stotyje bei Aleksandro Stulginskio universiteto Bandymų stotyje. Eksperimentų atlikta vis dar mažai, ypač tiriant smulkiasėklius žemės ūkio kultūrinius augalus (rapsus, cukrinius ir pašarinius runkelius).

Dauguma jau atliktų eksperimentų yra skirti tik tam tikrų žemės dirbimo sistemos elementų (pagrindinio, priešsėjimo ar posėjimo žemės dirbimo) technologiniams rodikliams optimizuoti. Pasigendama kompleksinio, visus žemės dirbimo sistemos elementus apimančio, procesų, vykstančių dirvoje ir cukrinių runkelių pasėliuose, įvertinimo. Tai ypač aktualu tobulinant cukrinių runkelių auginimo technologijas.

Iškeltos šios mokslinių tyrimų hipotezės:

1 hipotezė: rudeninio žemės dirbimo intensyvumą sumažinus nuo giliojo arimo iki seklojo purenimo padidėja dirvos tankis ir drėgnis, tačiau tai neturi esminės įtakos cukrinių runkelių produktyvumo rodiklių kitimui. Sėjant į ražieną cukrinių runkelių pasėliuose išplinta piktžolės, esmingai sumažėja cukrinių runkelių produktyvumas.

2 hipotezė: priešsėjimo žemės dirbimo intensyvumo sumažinimas nuo artų rudenį dirvų kultivavimo iki ražienų įdirbimo pavasarį padargais su aktyviomis darbinėmis dalimis neturi esminės įtakos dirvos fizikinėms savybėms, šakniavaisių derlingumui ir kokybei.

3 hipotezė: sėklų guoliaviečių sutankinimas turi teigiamos įtakos jų drėgmės režimui, sėkloms sudygti, augalų vystymuisi ir cukrinių runkelių šakniavaisių produktyvumui. Giliau suformuotų sėklų guoliaviečių sutankinimas turi teigiamą efektą sėklų lauko daigumui.

Tyrimų tikslas – mokslškai pagrįsti žemės dirbimo intensyvumo ir sėjos parametrų optimizavimo būdus cukriniams runkeliams, išsaugant dirvos sukultūrinimo lygį ir augalų produktyvumą.

TYRIMŲ METODAI IR SĄLYGOS

Tikslieji lauko bandymai atlikti 1995–2006 m. Aleksandro Stulginskio universiteto (tuo metu – Lietuvos žemės ūkio universiteto) Bandymų stoties karbonatingojo giliau glėjiško lengvo priemolio išplautžemyje (*Calcari-Endohypogleyic Luvisol*), gamybiniai lauko bandymai – Pakruojo rajono ūkiuose – giliau karbonatingame sekliai glėjiškame vidutinio ir sunkaus priemolio rudžemyje (*Endocalcaric-Epihypogleyic Cambisol*). Taikyti lauko ir vegetacinio-laboratorinio bandymo planavimo metodai. Dirvos struktūra ir jos patvarumas nustatyti N. Savinovo metodu. Dirvos tankis ir drėgnis nustatyti paimant mėginius Nekrasovo grąžtu, dirvos kietumas – Reviakino kietmačiu. Sėklų guoliavietės rodikliai įvertinti Kritz (1983) metodu. Cukrinių runkelių sudygimas buvo nustatytas suskaičiavus visus apskaitiniuose laukeliuose sudygusius augalus, šakniavaisių derlius – pasvėrus visus apskaitiniame laukelyje augusius augalus. Cukringumas nustatytas šaltosios digestijos metodu, tirpūs pelenai – konduktometru KM-2, α aminoazotas – fotokolorimetriniu metodu. Pasėlių piktžolėtumas įvertintas Stancevičiaus metodu. Tyrimų duomenys įvertinti matematinės statistikos metodais panaudojus „Selekcija“, „Sigma Stat“ ir „Sigma Plot“ kompiuterines programas. Detaliau tyrimų metodikos pateiktos apžvelgtuose straipsniuose.

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

1. Pagrindinio (rudeninio) žemės dirbimo supaprastinimo poveikis dirvos fizikinėms savybėms, cukrinių runkelių pasėlio piktžolėtumui ir produktyvumui

Vieni pagrindinių rudeninio žemės dirbimo uždavinių yra supurenti armenį, įterpti augalų liekanas, trąšas, žaladarių pradus. Tačiau tai yra darbo laikui ir energetinėms sąnau-

doms imlus procesas. Optimizuojant šiuos rodiklius stengiamasi supaprastinti pagrindinį žemės dirbimą, mažinti jo intensyvumą, kartu mažinant intervencinį poveikį dirvai ir palaikant jos sukultūrinimo lygį (struktūringumą, drėgnio režimą, tankio ir kietumo sąlygas, teršimą piktžolių pradais).

Rudeninis žemės dirbimas padargais su aktyviomis darbinėmis dalimis. Šios krypties žemės dirbimo optimizavimo tikslieji lauko bandymai buvo atlikti 1998–1999 m. Žemės dirbimo intensyvumas sumažintas nuo gilaus verstuvinio arimo iki seklaus purenimo vertikalių rotorių kultivatoriumi (Šarauskis et al., 2003a). Pirmaisiais tyrimų metais paaiškėjo, kad geriausiai sėklos sudygo, kai dirva rudenį buvo sekliai skusta ir sekliai supurenta vertikalių rotorių (rotorinis kultivatorius) ar freziniu (kultivatorius su horizontaliu velenu) kultivatoriais, tačiau cukrinių runkelių derlingumas minimaliai įdirbtose dirvoje skyrėsi tarpusavyje nedaug ir įvairavo nuo 57 iki 62 t ha⁻¹ (1 lentelė). Giliai artoje dirvoje augusių cukrinių runkelių derlingumas buvo 16–23 % mažesnis.

Vėlesniais tyrimais nustatyta, kad geriausiai dygo ir didžiausias šakniavaisių derlingumas buvo pavasarį vertikalių rotorių kultivatoriumi įdirbtose ražienose pasėtų runkelių.

Cukrinių runkelių šakniavaisių cukringumas labiau priklausė nuo tyrimų metų vegetacijos meteorologinių sąlygų ir, sumažėjus žemės dirbimo intensyvumui, dėsningai nesiskyrė (Šarauskis et al., 2003a).

Rudeninis žemės dirbimas padargais su pasyviomis darbinėmis dalimis. Rudeninio žemės dirbimo optimizavimo tyrimai buvo tęsiami 2001–2005 m., atsisakius padargų su aktyviomis darbinėmis dalimis (rotorinių ir frezinių kultivatorių), taip dar labiau supaprastinant žemės dirbimo sistemą. Įvertinta ir cukrinių runkelių sėjos į neįdirbtą ražieną galimybė. Tyrimų vidutiniais duomenimis, neįdirbta dirva buvo 0,05–0,10 Mg m⁻³ tankesnė nei giliai

1 lentelė. Cukrinių runkelių sudygimas, šakniavaisių derlius ir kokybė rudenį įdirbant žemę padargais su aktyviosiomis darbinėmis dalimis (Šarauskis et al., 2003a)

Table 1. Sugar-beet germination, yield and quality of roots in conditions of autumn soil tillage by implements with active parts (Šarauskis et al., 2003a)

Žemės įdirbimo būdas / Soil tillage method	Sudygimas % Germination, %	Derlingumas t ha ⁻¹ Yield of roots, t ha ⁻¹	Cukringumas % Sucrose content, %
Gilusis arimas (22 cm) / Deep ploughing	83	47	17,4
	87	50	17,9
Neįdirbta žemė (sėjimas į ražieną) / Non-tilled soil (direct sowing)	82	62	15,6
	98	55	18,6
Gilusis purenimas armens purentuvu (20 cm) + sekliasis purenimas lėkštiniu skutikliu (8 cm) / Deep cultivation with chisel cultivator + shallow disking	76	59	16,2
	82	45	17,2
Sekliasis purenimas armens purentuvu (12 cm) + sekliasis įdirbimas vertikalių rotorių kultivatoriumi (4 cm) / Shallow cultivation with chisel cultivator + shallow tillage with rotary tiller	84	57	16,0
	85	49	17,6
Sekliasis purenimas armens purentuvu (12 cm) + sekliasis įdirbimas freziniu kultivatoriumi (4 cm) / Shallow cultivation with chisel cultivator + shallow tillage with rotovator	88	57	16,8
	82	51	18,0

Pastaba. Skaitiklyje pateikti 1998 m. duomenys, vardiklyje – 1999 m. Prieš cukrinių runkelių sėją dirva buvo įdirbta vertikalių rotorių kultivatoriumi.

Note. Numerator shows data of 1998 and denominator of 1999. Soil was tilled with rotary tiller before sugar-beet sowing.

artoji ir priklausė nuo armens sluoksnio gylio (2 lentelė) (Romaneckas ir kt., 2006; Romaneckas, 2005b). Panašios tendencijos stebėtos ir gamybinuose lauko bandymuose. Nustatyta, kad žemės dirbimo intensyvumo mažėjimas pirmaisiais tyrimų metais didino paviršinio dirvos sluoksnio kietumą, kuris buvo net 3–4 kartus didesnis nei artos dirvos (Šarauskis et al., 2008). Atliekant tiksluosius lauko bandymus pagrindinio žemės dirbimo intensyvumo mažėjimas turėjo įtakos dirvos drėgnumo didėjimui tiek prieš pavasarinį dirvos dirbimą, tiek po jo prieš sudygstant cukriniams runkeliams (2 lentelė) (Romaneckas, 2005a, 2005b). Didesni dirvos drėgno skirtumai buvo po cukrinių runkelių sėjos. 0–10 cm gylio armens sluoksnyje minimaliai įdirbtoje dirvoje nustatyta 1,6–2,3 proc. vnt. daugiau drėgmės nei giliai artoje. Tai teigiamai veikė sėklų lauko daigumą (Romaneckas et al., 2006). Panašūs rezultatai gauti

ir atliekant žemės dirbimo supaprastinimo tyrimus gamybinėmis sąlygomis (Šarauskis et al., 2008). Nepaisant didesnio drėgmės kiekio, visai neįdirbtoje dirvoje (ražienose) cukriniai runkeliai dygo prasčiausiai, nes dėl didelio augalų liekanų kiekio nukentėjo sėjos kokybė.

Žemės dirbimo supaprastinimas iki tiesioginės sėjos (nuolinio žemės dirbimo) sumažino šakniavaisių derlių ir didino jų šakotumą, tačiau kitiems kokybiniais rodikliams didesnės dėsningos įtakos neturėjo (3 lentelė) (Romaneckas et al., 2006).

ASU Bandymų stotyje kartu atliekant tiksluosius lauko bandymus buvo tirta eksperimentinė sėjamoji mašina su specialiais sėjos į ražieną noragėliais, sudarytais iš dviejų karpytų ašmenų diskinių peilių ir pavažinio noragėlio. Dirvai esant didesnio kietumo sėjos metu, sudygo panašus

2 lentelė. Rudeninio žemės įdirbimo padargais su pasyviomis darbinėmis dalimis poveikis dirvos drėgnei ir tankiui prieš pavasarinį žemės dirbimą ir cukrinius runkelius pasėjus (Romaneckas et al., 2006)

Table 2. The influence of autumn tillage with passive implements on soil moisture, bulk density before and after sugar-beet sowing (Romaneckas et al., 2006)

Žemės įdirbimo būdas / Soil tillage method Armens sluoksnis / Soil layer	Drėgnis % / Moisture content, %		Tankis Mg m ⁻³ Soil bulk density, Mg m ⁻³	
	0–10 cm	10–20 cm	0–10 cm	10–20 cm
Prieš pavasarinį žemės dirbimą / Before soil tillage in spring				
Gilusis arimas (22–25 cm) / Deep ploughing	22,8	24,7	1,34	1,36
Seklusis arimas (12–15 cm) / Shallow ploughing	22,6	25,6	1,35	1,37
Gilusis purenimas (25–30 cm) / Deep chisel cultivation	24,9	24,9	1,34	1,42
Seklusis purenimas (12–15 cm) / Shallow disking	24,1	26,3	1,38	1,40
Neįdirbta žemė / Non-tilled soil	25,8*	23,8	1,40	1,46
R ₀₅ / LSD ₀₅	1,51	1,68	0,103	0,127
Po sėjos, prieš cukriniams runkeliams sudygstant / After sowing before sugar-beet germination				
Gilusis arimas (22–25 cm) / Deep ploughing	20,6	22,6	1,37	1,42
Seklusis arimas (12–15 cm) / Shallow ploughing	19,8	21,4	1,34	1,44
Gilusis purenimas (25–30 cm) / Deep chisel cultivation	22,2*	22,7	1,35	1,45
Seklusis purenimas (12–15 cm) / Shallow disking	22,1*	21,2	1,34	1,43
Neįdirbta žemė / Non-tilled soil	22,9*	21,9	1,45	1,47
R ₀₅ / LSD ₀₅	1,45	1,48	0,108	0,142

Pastaba: * Esminis skirtumas nuo kontrolinio varianto, esant 95 % tikimybės lygiui. Kontrolinis variantas – giliai arta. Gilusis purenimas atliktas armens purentuvu, sekclusis – lėkštiniu skutikliu.

Note. * Significant difference from control treatment and 95% probability level. Control treatment – deep ploughing. Deep cultivation was done with chisel cultivator and shallow with disk harrow.

3 lentelė. Rudeninio žemės įdirbimo padargais su pasyviomis darbinėmis dalimis poveikis cukrinių runkelių šakniavaisių derliui ir jo kokybei (Romaneckas et al., 2006)

Table 3. The influence of autumn tillage with passive implements on sugar-beet yield and root quality (Romaneckas et al., 2006)

Žemės įdirbimo būdas Soil tillage method	Derlingumas t ha ⁻¹ Yield of roots, t ha ⁻¹	Šakotumas % Ramifying of roots, %	Cukringumas % Sucrose content, %	Cukraus išeiga % Sugar output, %	Baltojo cukraus derlingumas t ha ⁻¹ Yield of white sugar, t ha ⁻¹
1. Gilusis arimas (22–25 cm) / Deep ploughing	47,9	14,3	16,9	12,95	6,22
2. Seklusis arimas (12–15 cm) / Shallow ploughing	47,2	15,6	16,9	13,12	6,21
3. Gilusis purenimas (25–30 cm) / Deep chisel cultivation	46,2	20,5	17,1	13,21	6,11
4. Seklusis purenimas (12–15 cm) / Shallow disking	47,0	22,5	17,2	13,50	6,32
5. Neįdirbta žemė / Non-tilled soil	42,6	24,7	16,9	12,73	5,41
R ₀₅ / LSD ₀₅	12,72	14,36	1,33	0,837	0,975

cukrinių runkelių sėklų kiekis tiek ją intensyviai įdirbus (arta ir kultivuota), tiek visai neįdirbus, o mažesnio kiektumo – tiesiogiai pasėtų sėklų sudygo netgi daugiau. Todėl tiesiogiai sėtų cukrinių runkelių produktyvumo rodikliai buvo ne prastesni, o kartais net geresni nei augusių intensyviai įdirbtoje dirvoje. Be to, sėjos į ražieną sąnaudos sudarė 246,8 MJ ha⁻¹, darbo laiko – 0,62 val. ha⁻¹, o sėjos į artą dirvą energijos sąnaudos buvo 11 kartų, darbo laiko – 6,5 karto didesnės (Šarauskis, Romaneckas, 2002).

Mažėjant žemės dirbimo intensyvumui iki seklaus purenimo 12–15 cm gyliu, trumpaamžių piktžolių išplitimas ne didėjo, o net turėjo tendenciją mažėti, tačiau buvo rasta 2–4 kartus daugiau daugiamečių piktžolių nei giliai artoje dirvoje (4 lentelė).

Ir atvirkščiai, nulinio žemės dirbimo (tiesioginės sėjos) sąlygomis trumpaamžės piktžolės plito 3,7 karto gausiau, o daugiametės – panašiu intensyvumu, palyginus su giliai arta dirva, nes neįdirbtos ražienos rudenį buvo purškiamos visuotinio poveikio herbicidais (glifosatais), kurie efektyviai naikino daugiameses piktžoles (Romaneckas, 2005b).

Apibendrinant atliktų tyrimų duomenis galima teigti, kad pagrindinio žemės dirbimo intensyvumo sumažinimas nuo giliojo arimo iki sekliojo purenimo neturėjo neigiamos įtakos dirvos fizikinėms savybėms, cukrinių runkelių derlingumui ir kokybei. Cukrinių runkelių sėja į neįdirbtas ražienas galima tik intensyvios cheminės piktžolių kontrolės sąlygomis ir modifikavus sėjos technologinius procesus.

2. Priešsėjinio žemės dirbimo optimizavimo poveikis dirvos fizikinėms savybėms, sėklų guoliavietės formavimui ir cukrinių runkelių produktyvumui

Priešsėjinio žemės dirbimo sistemos yra vienos svarbiausių agrotechninių požiūriu, nes padarytos klaidos sumažina cukrinių runkelių sėklų lauko daigumą, suformuojamas netolygus retokas pasėlis, jame sparčiau plinta piktžolės. Be to, mažėja pasėlio produktyvumas.

Rudenį artos žemės priešsėjinis įdirbimas. Priešsėjinio žemės dirbimo sistemos optimizavimo tikslieji tyrimai buvo atlikti 1995–1999 m. Pagrindinis jų tikslas – įvertinti įvairių priešsėjinio žemės dirbimo būdų (nuo ekstensyvaus iki intensyvaus padargais su aktyviomis darbinėmis dalimis) poveikį dirvos fizikinėms savybėms, cukrinių runkelių sėklų lauko daigumui, augalų vystymuisi ir jų morfometriškai rodikliams, derlingumui ir kokybei. Tirti trys priešsėjinio žemės įdirbimo būdai: gilusis ekstensyvus (senes-

nės konstrukcijos kultivatorius su „S“ formos noragėliais, 6 darbinės dalys, tenkančios padargo užgriebio metrui, aprūpintas lysteliniais voleliais, agreguojamas 12 km val.⁻¹ greičiu); sekclusis intensyvus (modernus kombinuotas kultivatorius, aprūpintas lyginamąja lenta ir dviem lysteliniais volelių eilėmis, turintis iki 20 darbinėjų dalių, tenkančių padargo užgriebio metrui, agreguojamas 16–18 km val.⁻¹ greičiu); sekclusis intensyvus vertikaliais rotoriais (vertikalių rotorių kultivatorius: 4,3 darbinės dalys, tenkančios užgriebio metrui, aprūpintas ardeliniu volu, agreguojamas nuo 4 iki 8 km val.⁻¹ greičiu).

Visi žemės dirbimo padargai buvo sureguliuoti įdirbti dirvą apytiksliai 3 cm gyliu. Įvertinus padargų darbo kokybę paaiškėjo, kad kultivatorius su „S“ formos noragėliais įdirbo dirvą 5,9 cm gyliu ir suformavo daugiau stambesnių dirvos agregatų bei 5,5 % grumstų sėklų guoliavietėje, kombinuotas kultivatorius – 4,0 cm gyliu ir suformavo daugiausia smulkių dirvos agregatų (didėjo dirvos plutos susidarymo arba vėjo erozijos tikimybė), o vertikalių rotorių kultivatorius – 3,9 cm gyliu ir suformavo mažiausiai (1,8 %) dirvos grumstų. Nustatyta, kad žemės įdirbimas skirtingais būdais neturėjo didesnės įtakos dirvos tankiui ir struktūros patvarumui, tačiau kai pavasaris nepakankamai drėgnas (HTK – 0,77), iš iki smulkiaagregatės būklės ir sekliu įdirbto (kombinuotu ar vertikalių rotorių kultivatoriais) dirvos paviršiaus drėgmė garavo lėčiau, ir jos rasta 3–4 proc. vnt. daugiau nei giliau (5–6 cm gyliu) ir ekstensyviai (kultivatoriumi su „S“ formos noragėliais) įdirbtoje dirvoje (5 lentelė).

Optimaliausia cukrinių runkelių sėklų guoliavietė buvo suformuota įdirbant sekliai vertikaliaisiais rotoriais (vertikalių rotorių kultivatorius). Taip suformuotos guoliavietės gylis buvo artimas optimaliam, gerai sutrupinti dirvos grumstai ir sudaryta mažai dulkinė dalelių, todėl cukrinių runkelių sėklos dygo 6,3 % gausiau (Romaneckas, Žulienė, 2001), sparčiau vystėsi ir kai kurių cukrinių runkelių veislių daigai (Romaneckas, 1999). Gausėnis sėklų sudygimas lėmė tankesnį pasėlio suformavimą, o augalai išaugino didesnę bendrąją lapų paviršiaus plotą ir sulaukė daugiau fotosintetinės aktyviosios spinduliuotės (Romaneckas ir kt., 2001), todėl buvo gautas 4,5 % didesnis šakniavaisių derlius, 2,8 % didesnis cukringumas ir 9,9 % mažesnis tirpiųjų pelenų kiekis, palyginus su cukriniais runkeliais, augusiais dirvoje, įdirbtoje prieš sėją giliau ir ekstensyviai (kultivatoriumi su „S“ formos noragėliais) (6 lentelė) (Romaneckas ir kt., 2002b).

4 lentelė. Skirtingo intensyvumo rudeninio žemės dirbimo įtaka cukrinių runkelių pasėlio piktžolėtumui (Romaneckas, 2005b)

Table 4. The influence of different intensity autumn soil tillage on sugar-beet crop weediness (Romaneckas, 2005b)

Žemės įdirbimo būdas / Soil tillage method Piktžolių grupės / Weed groups	Gilusis arimas (22–25 cm) Deep ploughing	Sekclusis arimas (12–15 cm) Shallow ploughing	Gilusis purenimas (25–30 cm) Deep chisel cultivation	Sekclusis purenimas (12–15 cm) Shallow discing	Neįdirbta žemė Non-tilled soil
Trumpaamžės / Annual	20,7	15,9	18,6	14,3	76,7
Daugiametės / Perennial	1,2	2,4	5,0	3,4	1,9

5 lentelė. Skirtingo intensyvumo priešėjimo žemės įdirbimo įtaka dirvos fizikinėms savybėms (Romaneckas, 2004)

Table 5. The influence of pre-sowing soil tillage of different intensity on soil physical properties (Romaneckas, 2004)

Žemės įdirbimo būdas Soil tillage method	Armens sluoksnis cm Sampling depth, cm	Drėgnis prieš au- galams sudygstant % Moisture content before seed germina- tion, %	Tankis Mg m ⁻³ Soil bulk density, Mg m ⁻³	Struktūros patvarumas % Steadiness of soil structure, %	Struktūra % Structural composition, %			
					<10 mm	10 mm	25 mm	50 mm
Gilusis ekstensyvus Deep extensive	0–10	20,6	1,18	43,4	60,3	20,8	13,5	5,5
	10–20	22,9	1,27					
Seklusis intensyvus Shallow intensive	0–10	21,6	1,20	44,2	66,0	20,5	11,1	2,3
	10–20	23,6	1,27					
Seklusis vertikaliaisiais rotoriais Shallow with vertical rotors	0–10	21,3	1,19	46,6	62,5	21,2	14,5	1,8
	10–20	23,9	1,25					
R ₀₅ / LSD ₀₅	0–10	1,8	0,09	5,1				
	10–20	2,4	0,10					

6 lentelė. Skirtingo intensyvumo priešėjimo žemės įdirbimo poveikis cukrinių runkelių sudygimui, šakniavaisių derliui ir kokybei (Romaneckas ir kt., 2002b)

Table 5. The influence of pre-sowing soil tillage of different intensity on sugar-beet germination, yield and root quality (Romaneckas ir kt., 2002b)

Žemės įdirbimo būdas Soil tillage method	Sudygimas % Germination, %	Derlingumas t ha ⁻¹ Yield of roots, t ha ⁻¹	Cukringumas % Sucrose content, %	Tirpių pelenų kiekis % Soluble ashes, %
Gilusis ekstensyvus / Deep extensive	49,8	56,1	17,2	1,00
Seklusis intensyvus / Shallow intensive	50,8	56,6	17,5	0,95
Seklusis vertikaliaisiais rotoriais / Shallow with vertical rotors	53,1*	58,8	17,7	0,91*
R ₀₅ / LSD ₀₅	2,7	3,9	0,7	0,09

Pastaba. * Esminis skirtumas nuo kontrolinio varianto, esant 95 % tikimybės lygiui. Kontrolinis variantas – gilusis ekstensyvus žemės įdirbimo būdas.

Note. * Significant difference from control treatment at 95% probability level. Control treatment – deep extensive soil tillage method.

Tarp pasėlio tankumo ir šakniavaisių cukringumo, tarp lapų paviršiaus ploto ir šakniavaisių derlingumo nustatytas vidutinio stiprumo tiesinis ryšys ($r = 0,656$ ir $r = 0,608$) (Romaneckas ir kt., 2001).

Įvertinus skirtingo intensyvumo ir gylio priešėjimo dirvos dirbimo įtaką cukrinių runkelių šakniavaisių morfometriniams rodikliams (šakniavaisio antžeminės dalies aukščiui, techniniam ilgiui, skersmeniui) paaiškėjo, kad šakniavaisių antžeminės dalies aukštis priklausė nuo struktūros patvarumo jam įvairuojant nuo 40 iki 80 % ($r = 0,668$; $Y = -0,644 + 0,059 x$) ir mažesnių nei 10 mm dydžio dirvos agregatų kiekio sėklų guoliavietėje jam kintant nuo 37 iki 83 % ($r = 0,641$; $Y = 0,707 + 0,041 x$). Didėjant šių rodiklių reikšmėms, šakniavaisių antžeminė dalis aukštėjo. Tai įrodo, kad cukrinių runkelių daigai gali ištyti jau dygimo metu, jei pro intensyviai įdirbtą dirvą juos pasiekia mažiau saulės spinduliuotės.

Vėliau, cukrinių runkelių vegetacijos metu, antžeminės dalies aukščiui daugiau įtakos turi pasėlio tankumo pokytis (nuo 27 iki 85 tūkst. augalų ha⁻¹) ($r = -0,714$; $Y = 6,315 - 0,028 x$). Todėl, nors ir giliau, bet ekstensyviai (kultivatoriumi su „S“ formos noragėliais) įdirbtoje dirvoje daigai mažiau ištyso ir šakniavaisiai suformavo žemesnę antžeminę dalį. Taigi, daugėjant sėklų guoliavietėje stambųjų – 10, 25 ir 50 mm dydžio – agregatų šakniavaisio antžeminė dalis turėjo tendenciją žemėti ($r = -0,563$;

$r = -0,633$; $r = -0,507$). Taip pat nustatyta, kad šakniavaisių techninis ilgis priklausė nuo dirvos struktūros patvarumo ($r = 0,556$; $Y = 15,646 + 0,684 x$) ir purenimo gylio (įvairuoja nuo 2,7 iki 9,3 cm) ($r = 0,566$; $Y = 8,92 + 0,15 x$), o skersmuo – nuo dirvos tankio (įvairuoja nuo 1,1 iki 1,47 Mg m⁻³) ($r = 0,565$; $Y = 4,19 + 4,749 x$) ir purenimo gylio ($r = 0,622$; $Y = 9,058 + 0,263 x$) (Romaneckas, 2004).

Priešėjimo ražienos įdirbimas. 1999–2002 m. ASU Bandytųjų stotyje buvo tirtas priešėjimo neartos dirvos (ražienos) įdirbimas. Cukrinių runkelių sėklos buvo sėtos pneumatine sėjama mašina su pleištiniais sėjos noragėliais į visai neįdirbtą, vertikalių rotorių ir freziniu kultivatoriais įdirbtą ražieną (intensyvus priešėjimo ražienų įdirbimas). Kaip palyginamasis variantas buvo tirtas intensyvus rudeninis dirbimas (arimas) ir ekstensyvus priešėjimo kultivavimas (kultivatoriumi su „S“ formos noragėliais, tradicinė žemės dirbimo sistema). Nustatyta, kad visi priešėjimo žemės dirbimo padargai suformavo lygų dirvos paviršių ir įdirbo optimaliu cukrinių runkelių sėjai (3,7–4,2 cm) gyliu, o jų įtaka dirvos kietumui ir tankiui nebuvo didelė. Geriausiai dygo ir tankiausias pasėlis buvo į neįdirbtas arba supurentas vertikalių rotorių purenutu ražienas pasėtą cukrinių runkelių, nes jų sėklų guoliavietėje buvo išsaugotas didesnis drėgmės kiekis. Dirvos įdirbimo intensyvumas esminės įtakos cukrinių runkelių

šakniavaisių derlingumui ir kokybei neturėjo, tačiau tiesiog į ražienas sėtų runkelių derlingumas buvo 6,5 % didesnis, palyginus su augusiais ekstensyviau prieš sėją įdirbtoje dirvoje (7 lentelė) (Romanekas ir kt., 2002a).

2000–2002 m. cukrinių runkelių sėjai buvo panaudota ir *eksperimentinė ražieninė sėjamoji* su sudėtiniais – diskiniiais-pavažiniais sėjos noragėliais. Šios sėjamosios technologiniai ypatumai buvo pagrįsti teoriniais, laboratoriniais ir lauko tyrimais. Nustatyta, kad sėjai į ražienas geriausiai tiko sėjos noragėliai su 15 ir 18 išpjovų ašmenyse. Jie įterpė sėklas į 21,8 mm gylį 47,2 % tolygumu, o pneumatinė sėjamoji su pleištiniais noragėliais – į 18,7 mm gylį 52,8 % tolygumu. Sėjos gylis iš dalies priklausė nuo dirvos drėgnio, kietumo bei įdirbimo intensyvumo (Šarauskis, Romanekas, 2003; Romanekas, Šarauskis, 2003a, 2003b). Taip pat buvo nustatyta, kad sėklų prispaudimo volelio skersmuo turi būti ne mažesnis kaip 180 mm. Panaudojus 220 mm skersmens, 15 mm pločio ir 1,4 kg masės prispaudimo volelį, cukrinių runkelių sėklos buvo įspaustos į 3–4 mm gylį, kai dirvos kietumas buvo 0,4 MPa, ir 2–3 mm, kai kietumas siekė 0,9 MPa (Sakalauskas et al., 2007; Šarauskis ir kt., 2003b). Detaliai ištyrus cukrinių runkelių sėklų guoliavietes Kritz (1983) metodu paaiškėjo, kad guoliavietės paviršiaus ir dugno gūbriuotumas priklausė nuo dirvos tankio ($r = -0,534^*$; $r = 0,431^*$) ir iš dalies nuo drėgnio (Romanekas ir kt., 2002c).

Gūbriuočiausias paviršius suformuotas freziniu kultivatoriumi (40,7–46,4 mm), nes jis maišė drėgnesnius giliau esančius dirvos sluoksnius su pradžiūvusiu paviršiumi (Romanekas, Šarauskis, 2003a; Šarauskis et al., 2003a). Įdirbus tankesnes dirvas, sėklų guoliavietės paviršiuje daugėjo smulkių dirvos agregatų ($r = 0,570^*$), o drėgnesnės – atvirkščiai ($r = -0,693$) (Romanekas ir kt., 2002c). Didžiausias drėgmės, vandeniui atsparių dirvos agregatų kiekis ir dirvos tankis nustatytas neįdirbtose ražienose (Romanekas, Šarauskis, 2004), tačiau geriausiai sėklų guoliavietės

agregatinės sanklodos reikalavimus atitiko tradiciniu žemės dirbimu suformuota guoliavietė, nes kultivatorius su „S“ formos noragėliais buvo aprūpintas lysteliniais voleliais, frakcionavusiais dirvos agregatus. Tolygiausiai sėklos buvo įterptos į vertikalių rotorių kultivatoriumi įdirbtas ražienas, nes šis padargas geriausiai išlaikė pastovų įdirbimo gylį (Romanekas, Šarauskis, 2003a), todėl cukrinių runkelių sėklos dygo gausiausiai bei buvo suformuotas tankiausias pasėlis. Pasėjus sėklas ražienine sėjamoja su sudėtiniais sėjos noragėliais, jos sudygo 3,6 proc. vnt. geriau nei pasėjus pleištiniais, tačiau galutinis pasėlio tankumas buvo apie 10 tūkst. augalų ha⁻¹ mažesnis. Nors, vidutiniais duomenimis, priešsėjimo žemės įdirbimo būdas neturėjo didesnės įtakos cukrinių runkelių šakniavaisių derliui ir jo kokybei, tačiau ražienine sėjamoja pasėtų runkelių derlingumas ir jų šakotumas buvo atitinkamai 8 ir 35 % didesnis nei pasėtų sėjamoja su pleištiniais noragėliais (Romanekas, Šarauskis, 2004).

Apibendrinus priešsėjimo žemės dirbimo cukriniams runkeliams optimizavimo tyrimus galima teigti, kad tiek ražienos, tiek intensyviai rudenį įdirbtos dirvos paruošimui cukrinių runkelių sėjai labiausiai tiko sekclusis intensyvus įdirbimas vertikalių rotorių kultivatoriais, kurie įdirbo ražieną optimaliu gyliu ir ne per intensyviai susmulkino dirvos agregatus, taip apsaugodami sėklų guoliavietes nuo drėgmės nuostolių. Sėklos sudygo gausiau, todėl runkelių pasėlis buvo tankesnis, šakniavaisių derlius didesnis ir geresnė jo kokybė.

Cukrinių runkelių sėklų guoliavietės sutankinimas. Formuojant cukrinių runkelių sėklų guoliavietę labai svarbus dirvos ir sėklų sąlyčio pagerinimas, kurį galima optimizuoti dirvą sutankinant. Šios tematikos tikslieji tyrimai atlikti 1998–1999 ir 2002 m. Pagrindinis jų tikslas buvo įvertinti sėklų guoliavietės sutankinimo įtaką dirvos fizikinėms savybėms ir drėgnio dinamikai, cukrinių runkelių šakniavaisių derliui ir kokybei. Dirva buvo sutankinta prieš cukrinių runkelių

7 lentelė. Cukrinių runkelių augimo bei produktyvumo kiekybiniai ir kokybiniai rodikliai dėl skirtingo intensyvumo priešsėjimo žemės dirbimo (Romanekas ir kt., 2002a)

Table 7. Sugar-beet growth and productivity quantitative and qualitative indices in relation to pre-sowing soil tillage of different intensity (Romanekas ir kt., 2002a)

Žemės įdirbimo būdas Soil tillage method	Sėklų sudygimas % Seeds germination, %	Pasėlio tankumas tūkst. vnt. ha ⁻¹ Crop density, th. units ha ⁻¹	Derlingumas t ha ⁻¹ Yield of roots, t ha ⁻¹	Šakotumas % Ramifying of roots, %	Cukringumas % Sucrose content, %
1. Neįdirbta žemė Non-tilled soil	41,5	77,5	58,6	16,0	17,6
2. Intensyvusis ražienų įdirbimas vertikalių rotorių kultivatoriumi Intensive stubble tillage with rotary tiller	41,8	70,8	53,4	11,4	18,2
3. Intensyvusis ražienų įdirbimas freziniu kultivatoriumi Intensive soil tillage with rotovator	37,3	67,6	56,3	16,0	18,1
4. Ekstensyvusis artos žemės įdirbimas Extensive tillage of arable soil	34,4*	62,8*	54,8	11,0	17,9
R ₀₅ / LSD ₀₅	6,6	10,0	8,9	7,0	0,9

sėją ar iškart po jos skirtingais volais: kombinuotuoju (Kembrižo) (masė, tenkanti vienam darbinio pločio metrui – 256,4 kg) ir pentininiu (300,8 kg) (Žulienė et al., 2001). Prieš sėją ji buvo įdirbta kombinuotuoju kultivatoriumi 3–4 cm gyliu.

Dirvos volavimo metu sutankėjo 0,01–0,10 Mg m⁻³ ir neturėjo esminės įtakos drėgmės režimui bei jos struktūros patvarumui, nes buvo voluota fiziškai subrendusi optimalaus drėgnio (190–200 g kg⁻¹ drėgnio) dirva (8 lentelė) (Romaneckas, Šarauskis, 2006b). Optimalaus drėgnio sąlygomis dirvos sutankinimas prieš sėją kombinuotuoju volu 2–3 dienomis paspartino sėklų sudygimą, 9,5 % padidino sėklų lauko daigumą, 12 % – šakniavaisių derlingumą, 3 % – cukringumą, 15 % – baltojo cukraus derlingumą (Žulienė et al., 2001). Nepakankamo drėgnio sąlygomis

(HTK = 1) buvo nustatyta, kad, kaip ir optimalaus drėgnio sąlygomis, gausiausiai dygo prieš sėją arba po jos kombinuotuoju volu sutankintoje dirvoje pasėtos cukrinių runkelių sėklos, daigai taip pat vystėsi sparčiau. Tačiau paaiškėjo, kad, užsitęsęs sausroms augalų vegetacijos pradžioje, kombinuotuoju volu sutankinta dirva neteko daugiau drėgmės ir geriau ją voluoti pentininiu volu po sėjos (suformuotas mažesnis drėgmės garinimo paviršius), nes buvo gautas 5,4 % didesnis šakniavaisių derlius, 35 % mažesnis šakniavaisių šakotumas ir 9 % didesnis baltojo cukraus derlingumas (kiekis), palyginus su nevoluotoje dirvoje augusiais runkeliais (9 lentelė) (Romaneckas, Šarauskis, 2006b).

Šiais tyrimais pavyko nustatyti, kad optimaliu gyliu (3–4 cm) suformuotose guoliavietėse dirvos sutankinimas kombinuotuoju (Kembrižo) volu sąlygojo tolygesnį ir gau-

8 lentelė. Cukrinių runkelių sėklų guoliavietės sutankinimo poveikis dirvos fizikinėms savybėms (Romaneckas, Šarauskis, 2006b)

Table 8. The influence of sugar-beet seedbed compacting on soil physical properties (Romaneckas, Šarauskis, 2006b)

Sutankinimo būdas ir laikas Soil rolling method and time	Drėgnis % Moisture content, %		Tankis Mg m ⁻³ Bulk density, Mg m ⁻³		Agregatų patvarumas % Steadiness of aggregates, %
	0–100 mm	100–200 mm	0–100 mm	100–200 mm	
Nesutankinta / Non-rolled	19,3	21,8	1,23	1,32	52,3
Sutankinta prieš sėją kombinuotuoju volu Rolled with composite (Cambridge) roller before sowing	19,0	20,0	1,29	1,38	56,2
Sutankinta prieš sėją pentininiu volu Rolled with spur roller before sowing	19,7	23,6	1,29	1,34	56,0
Sutankinta po sėjos kombinuotuoju volu Rolled with composite (Cambridge) roller after sowing	19,4	22,0	1,30	1,33	51,8
Sutankinta po sėjos pentininiu volu Rolled with spur roller after sowing	18,9	21,7	1,33*	1,35	53,5
R ₀₅ / LSD ₀₅	2,7	3,4	0,08	0,10	6,3

Pastaba. * Esminis skirtumas nuo kontrolinio varianto, esant 95 % tikimybės lygiui. Kontrolinis variantas – nesutankinta.

Note. * Significant difference from control treatment at 95% probability level. Control treatment – non-rolled.

9 lentelė. Cukrinių runkelių sėklų guoliavietės sutankinimo poveikis šakniavaisių derliui ir kokybei (Romaneckas, Šarauskis, 2006b)

Table 9. The influence of sugar-beet seedbed compacting on yield and quality of roots (Romaneckas, Šarauskis, 2006b)

Sutankinimo būdas ir laikas Rolling method and time	Derlingumas t ha ⁻¹ Yield of roots, t ha ⁻¹	Šakotumas % Ramifying of roots, %	Cukringumas % Sucrose content, %	Tirpių pelenų kiekis % Content of soluble ashes, %	Cukraus išeiga % Sugar output, %	Baltojo cukraus kiekis t ha ⁻¹ / Yield of white sugar, t ha ⁻¹
Nesutankinta / Non-rolled	54,8	11,6	18,0	0,85	14,6	7,86
Sutankinta prieš sėją kombinuotuoju volu Rolled with composite (Cambridge) roller before sowing	51,8	10,4	18,6	0,82	15,3	7,78
Sutankinta prieš sėją pentininiu volu Rolled with spur roller before sowing	50,3	9,1*	17,6	0,86	14,2	7,08*
Sutankinta po sėjos kombinuotuoju volu Rolled with composite (Cambridge) roller after sowing	52,5	8,7*	18,7	0,85	15,3	7,93
Sutankinta po sėjos pentininiu volu Rolled with spur roller after sowing	57,9	7,5*	18,4	0,84	15,2	8,64*
R ₀₅ / LSD ₀₅	8,2	2,4	1,3	0,15	1,2	0,65

Pastaba. * Esminis skirtumas nuo kontrolinio varianto, esant 95 % tikimybės lygiui. Kontrolinis variantas – nesutankinta.

Note. * Significant difference from control treatment at 95% probability level. Control treatment – non-rolled.

sesnį cukrinių runkelių sėklų sudygimą, o užsitęsus sausroms geriau voluoti pentininiu volu. Tačiau ar pavyktų dirvą sutankinant pagerinti per giliau suformuotas sėklų guoliavietes, kaip neretai atsitinka sėjant cukrinius runkelius? Norėdami atsakyti į šį klausimą, 2004 m. išplėtėme anksčiau atlikto bandymo schemą ir priešsėjimo dirbimo metu suformavome skirtingo gylio guoliavietes: seklias (2,1–3,0 cm), vidutinio gylio (3,1–4,0 cm), gilias (4,1–5,0 cm). Tyrimų duomenimis, sausringomis pavasario sąlygomis (HTK = 0,67) cukrinių runkelių sėklų lauko daigumas labiau priklausė nuo sėjos gylio ($r = -0,563$) nei nuo dirvos sutankinimo metodų ir laiko. Vidutiniais duomenimis, geriausiai dygo sekliai pasėtos sėklos, nes jų dygimo metu drėgmės sąlygos buvo optimalios. Dirvos volavimas po sėjos atstatė jos kapiliarumą, ir paviršinių guoliavietės sluoksnių drėgmės sąlygos pagerėjo. Geriausiai sėklos dygo sekliai suformuotose ir sutankintose po sėjos kombinuotuoju (Kembridžo) volu guoliavietėse. Tarp sėklų lauko daigumo ir sėklų guoliavietės drėgnio sėklų įterpimo zonoje nustatytas vidutinio stiprumo patikimas ryšys ($r = 0,785^{**}$) (Romaneckas, Šarauskis, 2006a; Romaneckas ir kt., 2008). Analogiški rezultatai gauti ir mūsų ankstesniuose tyrimuose (Žulienė et al., 2001; Romaneckas, Šarauskis, 2006b). Padidinus sėjos gylį iki 4 cm, dirvos sutankinimas abiem būdais po sėjos vis dar turėjo teigiamos įtakos sėkloms sudygti, o padidinus jį iki 5 cm – nustatyta neigiama įtaka (Romaneckas, Šarauskis, 2006a).

Taip pat paaiškėjo, kad sėjant į šlapią dirvą (HTK = 17,0) jos sutankinimas mažino cukrinių runkelių lauko daigumą. Žalingas buvo ir jau perdžiūvusios dirvos volavimas, suvėlinus cukrinių runkelių sėją (Romaneckas ir kt., 2008).

Apibendrinus cukrinių runkelių sėklų guoliavietės sutankinimo tyrimus galima teigti, kad cukrinių runkelių sėklų guoliavietės sutankinimo poveikis priklausė nuo dirvos drėgmės sąlygų sėjos metu. Sausomis sąlygomis dirvos sutankinimas lėmė gausesnį cukrinių runkelių sėklų sudygimą. Dirvų volavimas drėgną pavasarį buvo žalingas ir lėmė derlingumo mažėjimą. Cukrinių runkelių sėklų guoliaviečių, suformuotų iki 4 cm gyliu, sutankinimas teigiamai veikė sėklų daigumą ir šakniavaisių produktyvumą, o giliau (iki 5 cm) – neigiamai.

IŠVADOS

Apibendrinant 1995–2006 m. karbonatingame giliau glėjiškame lengvo priemolio išplautžemyje (*Calcaric-Endohypogleyic Luvisol*) ir giliau karbonatingame sekliai glėjiškame vidutinio ir sunkaus priemolio rudžemyje (*Endocalcaric-Epilhypogleyic Cambisol*) atliktus tyrimus galima suformuluoti šias išvadas:

1. Sumažinus rudeninio žemės dirbimo intensyvumą, dirvos tankis esmingai nedidėjo. Didesnis dirvos tankis buvo nustatytas tik visai neįdirbtų ražienų.

2. Pritaikius neverstuvinius žemės dirbimo būdus, 0–10 cm gylio armens sluoksnio drėgnis buvo esmingai didesnis nei artų dirvų.

3. Rudeninio žemės dirbimo supaprastinimas neturėjo esminės įtakos cukrinių runkelių produktyvumui.

4. Nulinio žemės dirbimo sąlygomis nukentėjo sėjos kokybė, buvo suformuotas retesnis pasėlis, todėl išplito trumpaamžės piktžolės. Tai neturėjo esminės neigiamos įtakos cukrinių runkelių produktyvumui.

5. Priešsėjimo žemės dirbimo supaprastinimas gerino cukrinių runkelių sėklų sudygimą ir didino pasėlio tankumą, nes buvo palankesnės drėgmės sąlygos.

6. Žemės dirbimo intensyvumo sumažėjimas neturėjo esminės įtakos cukrinių runkelių produktyvumui.

7. Cukrinių runkelių sėklų guoliavietės sutankinimas dažniausiai neturėjo esminės įtakos dirvos drėgnio, tankio ir struktūros patvarumo sąlygoms, tačiau pagerino sėklų sudygimą ir paspartino daigų vystymąsi.

8. Sėklų guoliavietės sutankinimo poveikis cukrinių runkelių pasėlio produktyvumui priklausė nuo jo būdo ir laiko. Teigiamos esminės įtakos produktyvumui turėjo tik cukrinių runkelių sėklų guoliavietės sutankinimas pentininiu volu po sėjos.

9. Didesnį poveikį cukrinių runkelių sėkloms sudygti darė ne sutankinimo būdas ir laikas, bet sėjos gylis. Cukrinių runkelių sėklų guoliaviečių, suformuotų iki 4 cm gyliu, sutankinimas teigiamai veikė sėklų daigumą, o giliau (iki 5 cm) – neigiamai.

Gauta 2011 04 26

Priimta 2011 08 16

Literatūra

1. Cannel R. Q., Hawes J. D. 1994. Trends in tillage practices in relation to sustainable crop production with special reference to temperate climates. *Soil and Tillage Research*. Vol. 30. P. 245–282.
2. Ekeberg E. 1993. Minimum tillage for potatoes. Soil tillage and environment. *The 228th Seminar of NJF* Finland. P. 64–71.
3. Håkansson I., Stenberg M., Rydberg T. 1998. Long-term experiments with different depth of mouldboard ploughing in Sweden. *Soil and Tillage Research*. Vol. 46. P. 209–223.
4. Håkansson I. 1993. Impact of machinery induced soil compaction on environmental effects of agriculture. *Soil Tillage and Environment*. Vol. 88. P. 369–370.
5. Hao X., Chang C., Conner R. L. et al. 2001. Effect of minimum tillage and crop sequence on crop yield and quality under irrigation in southern Alberta clay loam soil. *Soil and Tillage Research*. Vol. 59. P. 45–55.
6. Moraru P. I., Rusu T. 2010. Soil tillage conservation and its effect on soil organic matter, water management and carbon sequestration. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. Vol. 8(3–4). P. 309–312.
7. Romaneckas K. 1999. The Influence of Minimal Presowing Soil Tillage Methods on Agrophysical Soil Properties, Sugar Beet Seeds Germination and Mass of Seedlings.

- Agroecological Optimization of Husbandry Technologies: Agronomy: proceedings of international scientific conference.* Ielgava: Latvia Agricultural University. P. 150–156.
8. Romaneckas K., Kazėnas V., Źulienė R. 2001. Cukrinių runkelių pasėlių apšvitos ir lapų asimiliacinio paviršiaus ploto tyrimai. *Vagos: mokslo darbai.* Nr. 50(3). P. 41–45.
 9. Romaneckas K., Źulienė R. 2001. Priešėjinio dirvos purenimo būdų įtaka fizikinėms dirvos savybėms ir cukrinių runkelių sėklų sudygimui. *Źemdirbystė: mokslo darbai.* T. 73. P. 147–158.
 10. Romaneckas K., Šarauskis E., Kvederaitė E. ir kt. 2002a. Źemės dirbimo minimalizavimas cukriniams runkeliams. *Vagos: mokslo darbai.* Nr. 53(6). P. 22–25.
 11. Romaneckas K., Źulienė R., Romaneckienė R. 2002b. Priešėjinis dirvos paruošimas cukriniams runkeliams lengvo priemolio dirvožemyje. *Źemdirbystė: mokslo darbai.* T. 80. P. 60–66.
 12. Romaneckas K., Šarauskis E., Romaneckienė R. 2002c. Dirvožemio fizikinių savybių įtaka cukrinių runkelių sėklos guoliavietės formavimui ir sėklų sudygimui. *Źemdirbystė: mokslo darbai.* T. 77. P. 21–31.
 13. Romaneckas K., Šarauskis E. 2003a. Įvairiu intensyvumu ir skirtingais sėjos būdais suformuotos cukrinių runkelių sėklų guoliavietės tyrimai Kritz metodu (Švedija). *Źemdirbystė: mokslo darbai.* T. 81(1). P. 168–183.
 14. Romaneckas K., Šarauskis E. 2003b. The investigation by the Kritz method of sugar beet seedbed under different soil tillage and sowing patterns in Lithuania. *Soil Management for Sustainability: International Soil Tillage Research Organisation 16th Triennial Conference, Brisbane, Australia.* P. 1029–1035.
 15. Romaneckas K. 2004. Priešėjinio dirvos dirbimo įtaka cukrinių runkelių morfometriniams rodikliams. *Vagos: mokslo darbai.* Nr. 65(18). P. 43–47.
 16. Romaneckas K., Šarauskis E. 2004. The investigations of soil tillage methods for sugar beet in Lithuanian light loam soils. *Vagos: mokslo darbai.* Nr. 64(17). P. 67–71.
 17. Romaneckas K. 2005a. Reduced primary soil tillage systems for sugar beet. *Źemės dirbimo tyrimų dabartis ir perspektyvos.* Tarptautinės mokslinės praktinės konferencijos pranešimai. Akademija. P. 65–68.
 18. Romaneckas K. 2005(b). The influence of reduced primary soil tillage on soil physical properties, weed infestation, sugar beet yield and quality. *Agronomijas vėstis.* Vol. 8. P. 232–236.
 19. Romaneckas K., Romaneckienė R., Šarauskis E. 2006. The effect of primary soil tillage methods on sugar beet growth on a light loam luvisol. *Źemdirbystė: mokslo darbai.* T. 93. Nr. 4. P. 81–87.
 20. Romaneckas K., Šarauskis E. 2006a. The influence of soil rolling time and methods on sugar beet seedbed formation. *Lucrari Stiintifice. Seria Agronomie.* Vol. 49. P. 125–139.
 21. Romaneckas K., Šarauskis E. 2006b. Dirvos volavimo cukriniams runkeliams tyrimai. *Źemės ūkio inžinerija.* Nr. 38(2). P. 17–26.
 22. Romaneckas K., Romaneckienė R., Šarauskis E. 2008. Guoliavietės gylio ir kietumo įtaka cukrinių runkelių sėklų sudygimui. *Vagos: mokslo darbai.* Nr. 78(31). P. 29–36.
 23. Sakalauskas A., Šarauskis E., Jasinskas A. et al. 2007. Trials of sugar beet seed pressing with different type pressure rollers. *Agronomy Research.* Vol. 5. N 2. P. 134–144.
 24. Šarauskis E., Romaneckas K. 2002. Cukrinių runkelių sėjos į ražieną ir į artą bei kultivuotą dirvą palyginamieji tyrimai. *Źemės ūkio inžinerija.* T. 34(2). P. 33–42.
 25. Šarauskis E., Romaneckas K. 2003. Cukrinių runkelių sėklų įterpimo į ražieną techninės priemonės. *Źemdirbystė: mokslo darbai.* T. 81(1). P. 184–196.
 26. Šarauskis E., Romaneckas K., Domeika R. 2003a. Untersuchungen Pflugloser Bodenbearbeitung und Saat für Zuckerrüben. *Inžinerija.* T. 6(1): Źemės ūkio mašinų katedrai 75 metai. P. 78–83.
 27. Šarauskis E., Sakalauskas A., Romaneckas K. 2003b. Ražieninės sėjamosios sėjant cukrinius runkelius prispaudimo volelių tyrimai. *Źemės ūkio inžinerija.* T. 35(1). P. 5–20.
 28. Šarauskis E., Vaiciukevičius E., Sakalauskas A. et al. 2008. Impact of sowing speed on the introduction of winter wheat seeds in differently-tilled soils. *Agronomy Research.* 2008. Vol. 6. Special issue: Engineering of Agricultural Technologies. P. 315–327.
 29. Tebrüge F., Düring R. A. 1999. Reducing tillage intensity – a review of results from a long-term study in German. *Soil and Tillage Research.* Vol. 53. P. 15–28.
 30. Vizgirda M. 1998. Cukrinių runkelių auginimo tyrimai Rumokų bandymų stotyje. *Cukrinių runkelių auginimo pasiekimai ir problemos Lietuvoje: mokslinės konferencijos pranešimai.* P. 3–10.
 31. Źulienė R., Romaneckas K., Romaneckienė R. 2001. The soil rolling before and after sowing for sugar beet. *Sustainable Agriculture in Baltic States: Proceedings of the international Conference.* P. 195–201.

Kęstutis Romaneckas

SOIL TILLAGE OPTIMIZATION FOR SUGAR-BEET CROP

Summary

The work is the summing-up of experiments made by the author at the Aleksandras Stulginskis University (former Lithuanian University of Agriculture) and in farmer fields on *Luvisol* and *Cambisol* soils during the period 1995–2006. The objective of the experiments was to motivate scientifically the parameters of soil tillage intensity and sowing methods for sugar-beet, preserving the soil cultural level and plant productivity.

The first hypothesis of the experiments was that decreasing primary soil tillage intensity from deep moldboard ploughing to shallow loosening would increase soil bulk density and moisture content but have no significant influence on sugar-beet productivity parameters. Conditions of zero tillage would increase weed infestation and decrease sugar-beet crop productivity. The hypothesis was proven partially. According to the results of the study, the decrease of primary soil tillage intensity did not increase soil bulk density, but increased moisture content in the 0–10 cm soil layer. The higher bulk density was measured only in zero-tilled

soil. Reducing primary soil tillage from deep ploughing to shallow loosening had no significant effect on sugar-beet productivity. The germination of directly sown (zero tillage) seeds was lower, and this increased weed infestation. However, sugar-beet crop productivity was at a similar level as on tilled soils.

The second hypothesis was that a decreased presowing soil tillage intensity of ploughed and not ploughed soil (straw) by agricultural machines with active working shares (rotovators, rotary tillers) would have no significant influence on soil physical properties, yield and the quality of sugar-beet root crop. The study results revealed that the reduced presowing soil tillage increased moisture content in the soil, sugar-beet seed germination, crop density and had no significant influence on sugar-beet productivity.

The third hypothesis was that the compacting of seedbed would have a positive effect on its moisture regime, seed germination and the productivity of sugar-beet root crop. The compacting of deeply formed seedbed would increase sugar-beet seed germination. This hypothesis was confirmed only partially. Sugar-beet seedbed compacting mostly had no significant effect on soil moisture, bulk density and steadiness conditions, but it improved seed germination and the development of seedlings. The influence of seedbed compacting on sugar-beet crop productivity depended on its time and method. Only seedbed compacting with a spur roller after sowing had a positive effect on the crop productivity. Sowing depth had a stronger influence on seed germination than did seedbed compacting time and method. The compacting of seedbed to the depth of 4 cm had a positive and more than 4 cm a negative effect on sugar-beet seed germination.

Key words: sugar-beet, soil tillage, soil physical properties, seedbed formation, productivity, quality, weediness